

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-216618

(43)Date of publication of application : 04.08.2000

(51)Int.Cl.

H01Q 3/26

(21)Application number : 11-329647

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 19.11.1999

(72)Inventor : NISHIMORI KENTARO  
CHO KEIZO  
TAKATORI TAIJI  
HORI TOSHIKAZU

(30)Priority

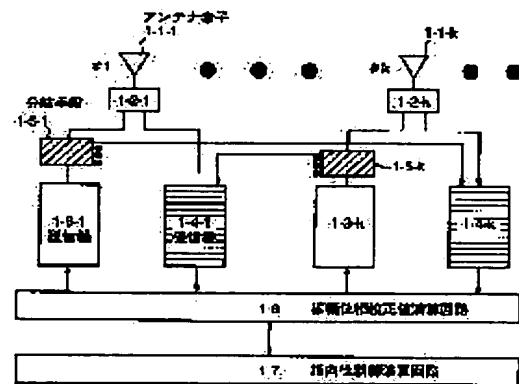
Priority number : 10328895 Priority date : 19.11.1998 Priority country : JP

## (54) ADAPTIVE ARRAY ANTENNA SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To calibrate the amplitude and phase of a signal of each antenna element within a transmitter-receiver of a communication system where transmission and reception are conducted by time division as in the TDD(time division duplex) system independently of external information during communication with respect to an array antenna used for the transmitter-receiver.

SOLUTION: A 1st transmitter 1-3-1 has a means 1-5-1 that transmits a transmission signal to an antenna element 1-1-1 and feeds back the signal to at least one of receivers 1-4-1 to 1-4-k. Each of other transmitters 1-3-2 to 1-3-k than the 1st transmitter has a means 1-5-k that transmits a transmission signal to a corresponding antenna element among antenna elements 1-1-2 to 1-1-k and also to a 1st receiver 1-4-1 corresponding to the 1st transmitter. The amplitude and the phase of a signal of each antenna element are calibrated with a weighting according to a desired directivity obtained from the amplitude and the phase of an output of the 1st receiver 1-4-1 and each amplitude and each phase of outputs of other receivers 1-4-2 to 1-4-k than those of the 1st receiver. The calibration is conducted within a reception time slot period.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3285022

[Date of registration] 08.03.2002

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-216618  
(P2000-216618A)

(43) 公開日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 Q 3/26

識別記号

F I  
H 0 1 Q 3/26

テマコード\*(参考)

Z

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平11-329647

(22) 出願日 平成11年11月19日(1999. 11. 19)

(31) 優先権主張番号 特願平10-328895

(32) 優先日 平成10年11月19日(1998. 11. 19)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 西森 健太郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 長 敬三

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100074930

弁理士 山本 恵一

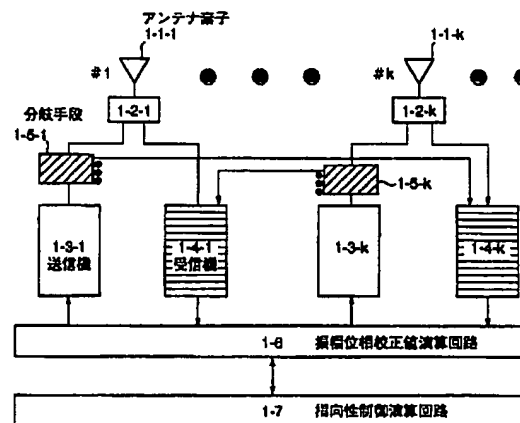
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応アレーアンテナ装置

(57) 【要約】

【課題】 TDD (Time Division Duplex) 方式のように送信と受信を時分割で行う通信システムの送受信機で用いられるアレーアンテナに関し、各アンテナ素子の振幅と位相の校正を外部からの情報によらずに、送受信機内で、かつ通信中に行う。

【解決手段】 第1の送信機(1-3-1)は送信信号をアンテナ素子(1-1-1)に送出すると共に少なくともひとつの受信機(1-4-1~1-4-k)に帰還させる手段(1-5-1)を有し、第1の送信機以外の送信機(1-3-2~1-3-k)は送信信号を対応するアンテナ素子(1-1-2~1-1-k)に送出すると共に第1の送信機に対応する第1の受信機(1-4-1)に送る手段(1-5-k)を有する。第1の受信機(1-4-1)に得られる振幅位相値と、第1の受信機以外の受信機(1-4-2~1-4-k)に得られる振幅位相値とから、所望の指向性に従って、各アンテナ素子の重み付けされた振幅位相値を校正する。校正は受信タイムスロット期間内で行われる。



(2) 000-216618 (P2000-21JL8)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $N(N \geq 2, N$ は整数)本のアンテナ素子と、  
 $N$ 個の送信機と、  
 $N$ 個の受信機と、  
各アンテナ素子から対応する受信機に入力された信号に対して振幅と位相の重みづけを行った後合成を行ってアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性演算回路を具備し、TDD通信方式に適用される適応アレーアンテナ装置において、  
各送信機は、通信中の送信タイムスロットで送信信号に対応するアンテナ素子に接続すると共にその一部を少なくとも1つの受信機に帰還させる手段を具備し、  
送信機からの信号を送信タイムスロットの間に受信する少なくとも2つの受信機の受信出力の比から当該送信機及び受信機に関連するブランチの振幅・位相校正値を決定する振幅・位相校正値演算回路とを具備することを特徴とする適応アレーアンテナ装置。

【請求項2】  $N(N \geq 2, N$ は整数)本のアンテナ素子と、  
 $N$ 個の送信機と、  
 $N$ 個の受信機と、  
前記アンテナ素子を、前記送信機、又は、前記受信機へ選択的に接続する、アンテナ素子毎に設けた第1のスイッチと、  
受信機毎に入力された信号に、振幅と位相の重みづけを行った後合成を行ってアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性制御演算回路と、  
該指向性制御演算回路で得られた振幅値と位相値を送信信号に乗算する重みづけ乗算回路と、  
送信機毎に接続され、送信機の出力信号に対応するアンテナ素子に接続すると共に一部を分岐する $N$ 個の分岐手段と、  
該分岐手段の中の1番目の分岐手段により分岐された信号を前記受信機の中の2～ $N$ 番目のいずれかに接続する第2のスイッチと、  
該分岐手段の中の2～ $N$ 番目のいずれかの分岐手段により分岐された信号を1番目の受信機に接続する第3のスイッチと、  
前記第1のスイッチで前記アンテナ素子から受信機に送られる信号、又は、前記第2のスイッチ又は、第3のスイッチのいずれかから送られる信号を各受信機に接続する第4のスイッチと、  
各受信機から得られる振幅・位相値を用いて各アンテナ素子の振幅位相校正値を求める処理を行う振幅・位相校正値演算回路を具備することを特徴とする請求項1記載の適応アレーアンテナ装置。

【請求項3】 前記振幅・位相校正値演算回路は、  
1番目の送信機から送られる信号を分岐し、  
該分岐された信号を前記第2のスイッチを介して第4のスイッチの $i(2 \leq i \leq N, i$ は整数)番目に接続し、  
該信号を前記第4のスイッチの中の $i$ 番目のスイッチを

介して $i$ 番目の受信機に送ることによって $i$ 番目の受信機の出力に得られる値1と、  
 $i$ 番目の送信機から送られる信号を分岐し、  
該分岐された信号を前記第3のスイッチを介して1番目の第4のスイッチに接続し、該信号を1番目の受信機に送ることによって当該受信機の出力に得られる値2に対して、「値1/値2」の演算処理を行い、該演算結果をアンテナ素子の $i$ 番目の校正値とする請求項2記載の適応アレーアンテナ装置。

【請求項4】  $N(N \geq 2, N$ は整数)本のアンテナ素子と、  
 $N$ 個の送信機と、  
 $N$ 個の受信機と、  
アンテナ素子毎に接続され該アンテナ素子に対して送信機もしくは受信機への切り替えを行う第1のスイッチと、  
受信機毎に入力された信号に振幅と位相の重みづけを行った後合成を行うことでアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性制御演算回路と、  
該指向性制御演算回路で得られた振幅値と位相値を送信信号に乗算する重みづけ乗算回路と、  
各送信機から送られる信号を分岐する $N$ 個の分岐手段と、  
該分岐手段の中の $k-1(2 \leq k \leq N-1, k$ は整数)番目もしくは $k+1$ 番目の分岐手段のいずれかを $k$ 番目の受信機に接続する $N-2$ 個の第2のスイッチと、  
前記分岐手段の中の $k$ 番目の分岐手段から送られる信号を $k-1$ 番目もしくは $k+1$ 番目の受信機に接続する $N-2$ 個の第3のスイッチと、  
第1のスイッチでアンテナ素子から受信機側に送られる信号もしくは第2のスイッチまたは第3のスイッチから送られる信号を受信機に接続する第4のスイッチと、  
上記各手段から得られる振幅・位相値を用いて各ブランチ間の振幅位相校正値を求める処理を行う振幅・位相校正値演算回路を具備することを特徴とする請求項1記載の適応アレーアンテナ装置。

【請求項5】 前記振幅・位相校正値演算回路は、 $i(1 \leq i \leq N-1, i$ は整数)番目の送信機から送られる信号を $i$ 番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第2のスイッチを介して $i+1$ 番目の第4のスイッチに接続し、該信号を $i+1$ 番目の第4のスイッチを介して $i+1$ 番目の受信機に送ることによって得られる値 $A(i)$ と、  
 $i+1$ 番目の送信機から送られる信号を $i+1$ 番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第3のスイッチを介して $i$ 番目の第4のスイッチに接続し、該信号を前記 $i$ 番目のスイッチを介して $i$ 番目の受信機に送ることによって得られる値 $B(i)$ に対し、  
「該値 $A(i)$ /該値 $B(i)$ 」の演算を行い、該演算結果値を $C(i)$ とし、  
 $i=1$ の場合は、該 $i+1$ 番目の振幅・位相校正値を該値 $C(i)$ とし、

(3) 000-216618 (P2000-21JL8)

$i \neq 1$ の場合は、「該値 $C(i-1) \cdot C(i)$ 」の演算を行い、該演算結果値 $D(i)$ を $i+1$ 番目のアンテナ素子の振幅・位相校正値とすることを特徴とする請求項4記載の適応アレーアンテナ装置。

【請求項6】  $N(N \geq 2, N$ は整数)本のアンテナ素子と、 $N$ 個の送信機と、 $N$ 個の受信機と、アンテナ素子毎に接続される該アンテナ素子に対して送信機もしくは受信機への切り替えを行う第1のスイッチと、受信機毎に入力された信号に振幅と位相の重みづけを行った後合成を行うことでアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性制御演算回路と、該指向性制御演算回路で得られた振幅値と位相値を送信信号に乗算する重みづけ乗算回路と、各送信機から送られる信号を分岐する $N$ 個の分岐手段と、

1番目の分岐手段から送られる信号を1～ $N$ 番目の受信機のいずれかに接続する第2のスイッチと、1～ $N$ 番目のいずれかの分岐手段から送られる信号を1番目の受信機に接続する第3のスイッチと、第1のスイッチでアンテナ素子から受信機側に送られる信号もしくは第2あるいは第3のスイッチのいずれかから送られる信号を当該受信機に接続する第4のスイッチと、上記各手段から得られる振幅・位相値を用いて各ブランチ間の振幅位相校正値を求める処理を行う振幅・位相校正値演算回路を具備することを特徴とする請求項1記載の適応アレーアンテナ装置。

【請求項7】 前記振幅・位相校正値演算回路は、1番目の送信機から送られる信号を1番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第2のスイッチを介して第4のスイッチの $i(1 \leq i \leq N, i$ は整数)番目に接続し、該信号を前記第4のスイッチの中の $i$ 番目のスイッチを介して $i$ 番目の受信機に送ることによって得られる(値1)と、 $i$ 番目の送信機から送られる信号を $i$ 番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第3のスイッチを介して第4のスイッチの1番目に接続し、該信号を前記第4スイッチの中の1番目のスイッチを介して前記受信機の中の1番目の受信機に送ることによって得られる(値2)に対して、「(値1)/(値2)」の演算処理を行い、該演算結果を該アンテナ素子の $i$ 番目のアンテナ素子の校正値とする請求項6記載の適応アレーアンテナ装置。

【請求項8】  $N(N \geq 2, N$ は整数)本のアンテナ素子と、 $N$ 個の送信機と、 $N$ 個の受信機と、アンテナ素子毎に接続されアンテナ素子に対して送信機もしくは受信機への切り替えを行う第1のスイッチと、

受信機毎に入力された信号に振幅と位相の重みづけを行った後合成を行うことでアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性制御演算回路と、該指向性制御演算回路で得られた振幅値と位相値を送信信号に乗算する重みづけ乗算回路と、各送信機から送られる信号を分岐する $N$ 個の分岐手段と、

1番目の分岐手段から送られる信号を1～ $N$ 番目の受信機のいずれかに接続する第2のスイッチと、1番目と $k(2 \leq k \leq N, k$ は整数)番目のいずれかの分岐手段から送られる信号を $k$ 番目の受信機に接続する第3のスイッチと、第1のスイッチでアンテナ素子から受信機側に送られる信号もしくは第2あるいは第3のスイッチのいずれかから送られる信号を当該受信機に接続する第4のスイッチと、上記各手段から得られる振幅・位相値を用いて各ブランチ間の振幅位相校正値を求める処理を行う振幅・位相校正値演算回路を具備することを特徴とする請求項1記載の適応アレーアンテナ装置。

【請求項9】 前記振幅・位相校正値演算回路は、1番目の送信機から送られる信号を1番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第2のスイッチを介して第4のスイッチの $i(1 \leq i \leq N, i$ は整数)番目に接続し、該信号を前記第4のスイッチの中の $i$ 番目のスイッチを介して $i$ 番目の受信機に送ることによって得られる値 $A(i)$ と、

$k(2 \leq k \leq N, k$ は整数)番目の送信機から送られる信号を $k$ 番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第3のスイッチを介して第4のスイッチの $k$ 番目に接続し、該信号を前記第4スイッチの中の $k$ 番目のスイッチを介して $k$ 番目の受信機に送ることによって得られる値 $B(k)$ と、

「該値 $A(i)/$ 該値 $A(1)$ 」の演算を行い、該演算結果値 $C(i)$ と、

「該値 $B(k=i)/$ 該値 $A(i)$ 」の演算を行い、該演算結果値 $D(i)$ に対して、

「該値 $C(i)/D(i)$ 」の演算を行い、該演算結果値を該 $i$ 番目のアンテナ素子の振幅・位相校正値とすることを特徴とする請求項8記載の適応アレーアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アレーアンテナ装置に関し、特にTDD(Time Division Duplex: TDD)方式などの送信と受信を時分割で異なる時間に行う通信システムにおいて、アレーアンテナの振幅と位相を装置内でかつ通信中に自動的に校正する回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年の携帯電話やPHS(Personal Handyphone System)などの移動通信の急速な普及に伴って、限

(4) 000-216618 (P2000-21JL8)

られた周波数帯においてできる限り多くの加入者を確保することが必要になってきている。そのため、移動通信では多数の加入者で必要に応じて特定のチャネルを割り当てるマルチチャネルアクセス方式を用いることが現在の主流となっている。セルラーシステムやPHSなどに代表される現在の移動通信システムでは、マルチチャネルアクセス方式として主に時分割多重化(Time Division Multiple Access: TDMA)方式が採用されている。さらに周波数の利用効率が優れているマイクロセル方式では、1つの周波数で送信と受信を時間を分割して行う時分割複信伝送(Time Division Duplex: TDD)方式が採用されている。

【0003】一方、無線区間で周波数の利用効率を高めるためには、隣接セルからの干渉波の影響を低減することが必要となる。干渉波を低減する技術として適応アレーアンテナが知られている。この事実は例えば文献「Monzingo et. al, "Introduction to Adaptive Array", John Wiley & Sons New York, 1980」などに開示されている。適応アレーアンテナは複数のアンテナ素子をアレー状に配列して、アレーアンテナの各ブランチ毎に入力された信号に対して振幅と位相を重みづけすることにより、干渉波の方向にアレーアンテナの放射パターンをヌルを形成し、干渉波の影響を低減する技術である。

【0004】アダプティブアレーアンテナを前述のTDDシステムで用いる場合の構成図を図13に示す。アダプティブアレーアンテナをTDDシステムに適用する際には、送信と受信の周波数が同じであることを利用して、受信側で得られたアンテナの放射パターンを送信でもそのまま用いることが可能であり、送信時の特性を考慮すればアダプティブアレーアンテナはTDD方式に適していると言える。

【0005】図13で、13-1-1~13-1-NはN個(Nは2以上の自然数)の素子アンテナを示し、各々、送受信切替スイッチ13-2-1~13-2-Nを介して送信機13-3-1~13-3-N、又は、受信機13-4-1~13-4-Nに接続される。

【0006】受信信号はアンテナ素子から送受信切替スイッチを介して受信機に印加され、その出力は指向性制御演算回路13-7に入力され各チャネルの振幅値と位相値を計算する。重みづけ乗算回路13-6は該振幅値と位相値を送信される信号に乗算し、乗算結果を送信機と送受信切替スイッチを介してアンテナ素子に印加する。各アンテナ素子に印加される送信信号の振幅と位相は、所望のアンテナビームを形成するように重みづけ乗算回路により制御されている。

【0007】従って、受信機で得られた信号に対して指向性演算回路により得られる各チャネルの振幅値と位相値と送信される信号を重みづけ乗算回路の中で乗算し、この値を用いて送信を行うことで、原理的には受信側で得られたアンテナの放射パターンを送信でもそのまま実

現できる。

【0008】しかし、アダプティブアレーアンテナで用いるアレーアンテナ装置はそれらの振幅と位相が各ブランチ間で等しいことが理想的であるが、実際は電力増幅機などの高周波回路やケーブルの個体差、設置場所の温度特性の変動などによって異なることが多く、これらの誤差により理想的な放射パターンに対してヌルの低下やサイドローブの上昇が生じ、アダプティブアレーアンテナの本来持つ干渉波抑圧特性を劣化させる要因となっている。この事実は例えば文献「J. Litva et. al, "Digital Beamforming in Wireless Communications", Artech House Publishers, 1996.」などに開示されている。

【0009】この現象の一例を図11に示す。図11では3素子円形配列のアレーアンテナにおいて、理想的には(a)に示す振幅・位相条件を与えた場合に対して、(b)には(a)の各素子の振幅・位相条件値に対し、各素子の振幅と位相に誤差を与えた場合の放射パターンをヌル深度を表わしている。(a)から理想的には180°方向にヌルを有するパターンを形成するのに対し、(b)からも分かるようにアレーアンテナの各素子の振幅と位相が理想的な値から異なることにより、著しく放射パターンの劣化を招いてしまうことがわかる。したがって、TDDシステムにおいてアダプティブアレーアンテナの送信と受信のパターンを一致させるためには、アレーアンテナの各ブランチ間の振幅と位相を校正する技術が必要となる。

【0010】アレーアンテナの各ブランチ間の振幅と位相値を校正する技術として、遠方界から到来する信号あるいは遠方界でアレーアンテナの送信する信号を受信し、各ブランチごとの位相器を順次回転させる方法が用いられている。この様な方法は素子電界ベクトル回転法とよばれ、例えば文献「真野、片木、"フェーズドアレーアンテナの素子振幅位相測定法", 電子情報通信学会論文誌(B), Vol. J-65-B, No. 5, pp. 555-560」に開示されている。しかし、一般にマイクロセル移動通信では用いられる基地局は必ずしも規則的に設置されるとは限らず、通話エリアの不感地の解消やトラフィックに応じて置局が行われるため、各基地局に対して上記の方法を用いることは困難である。また、端末などから校正に相当する情報を与えるという方法も考えられるが、校正用の情報を通信中に送る必要が生じるため、通信フレームの伝送効率を低下させるといった問題が生じる。したがって、移動通信などの環境下では装置内でアレーアンテナの各ブランチ間の振幅と位相を校正できることが望まれる。

【0011】装置内で各ブランチの振幅・位相を校正する手段として、従来から装置内に校正用の基準信号をもち、この基準信号を用いた方法が提案されている。この事実は例えば文献「J. Litva et. al, "Digital Beamforming in Wireless Communications", Artech House Publishers, 1996.」に開示されている。この校正回路の

(5) 000-216618 (P2000-21JL8)

構成図を図12に示す。図12において、この校正回路におけるアレーアンテナの校正手順は以下の通りである。

【0012】(1) 基準信号発生機12-11から分岐手段12-14aを介して各ブランチ毎に共通の信号が受信機12-3に送られる。各ブランチ毎の受信機で得られた値をあるブランチの値を基準値として受信機における校正値を求める。

(2) 送信機12-4から信号をスイッチ12-13とアッテネーター12-12を介して受信機12-3に送り、各ブランチ毎に得られた値を(1)で基準としたブランチの値を基準値として校正値を求める。

(3) (1)と(2)で求めた校正値を差し引き、送信機の校正値を求める。

したがって、図12の校正回路を用いることにより、装置内でアレーアンテナの各ブランチ間の振幅と位相を校正することが可能となる。

【0013】しかし、図12に示されるような従来の装置内で校正を実現する方法では送信機と受信機の校正が完全に独立して行われるため、TDD方式のような送信と受信が異なった時間で行われるようなシステムでは、通信中に校正を行うことはできず、基地局の設置場所や通信中の温度変化などにおける環境の変化に追従できないといった問題が生じる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、適応アレーアンテナ装置におけるアレーアンテナの各ブランチ間の振幅と位相を校正する手段として、外部の情報を用いることによって通信の伝送効率の低下を招かないために装置内で校正を行い、かつ通信中に校正値を求めることが可能な適応アレーアンテナ装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するための本発明の特徴は、 $N(N \geq 2, N$ は整数)本のアンテナ素子と、 $N$ 個の送信機と、 $N$ 個の受信機と、各アンテナ素子から対応する受信機に入力された信号に対して振幅と位相の重みづけを行った後合成を行ってアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性演算回路を具備する適応アレーアンテナ装置において、各送信機は、送信信号に対応するアンテナ素子に接続すると共にその一部を少なくとも1つの受信機に帰還させる手段を具備し、送信機からの信号を送信タイムスロットの間に受信する少なくとも2つの受信機の受信出力の比から当該送信機及び受信機に関連するブランチの振幅・位相校正値を決定する振幅・位相校正値演算回路とを具備することを特徴とする適応アレーアンテナ装置にある。

【0016】本発明の実施例によると、適応アレーアンテナ装置は、 $N(N \geq 2, N$ は整数)本のアンテナ素子と、 $N$ 個の送信機と、 $N$ 個の受信機と、前記アンテナ素子、前記送信機、又は、前記受信機へ選択的に接続する、ア

ンテナ素子毎に設けた第1のスイッチと、受信機毎に入力された信号に、振幅と位相の重みづけを行った後合成を行ってアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性制御演算回路と、該指向性制御演算回路で得られた振幅値と位相値を送信信号に乗算する重みづけ乗算回路と、送信機毎に接続され、送信機の出力信号を対応するアンテナ素子に接続すると共に一部を分岐する $N$ 個の分岐手段と、該分岐手段の中の1番目の分岐手段により分岐された信号を前記受信機の中の2～ $N$ 番目のいずれかに接続する第2のスイッチと、該分岐手段の中の2～ $N$ 番目のいずれかの分岐手段により分岐された信号を1番目の受信機に接続する第3のスイッチと、前記第1のスイッチで前記アンテナ素子から受信機に送られる信号、又は、前記第2のスイッチ又は、第3のスイッチのいずれかから送られる信号を各受信機に接続する第4のスイッチと、各受信機から得られる振幅・位相値を用いて各アンテナ素子の振幅位相校正値を求める処理を行う振幅・位相校正値演算回路を具備する。

【0017】好ましくは、前記振幅・位相校正値演算回路は、1番目の送信機から送られる信号を分岐し、該分岐された信号を前記第2のスイッチを介して第4のスイッチの $i(2 \leq i \leq N, i$ は整数)番目に接続し、該信号を前記第4のスイッチの中の $i$ 番目のスイッチを介して $i$ 番目の受信機に送ることによって該 $i$ 番目の受信機の出力に得られる値1と、 $i$ 番目の送信機から送られる信号を分岐し、該分岐された信号を前記第3のスイッチを介して1番目の第4のスイッチに接続し、該信号を1番目の受信機に送ることによって当該受信機の出力に得られる値2に対して、「値1/値2」の演算処理を行い、該演算結果をアンテナ素子の $i$ 番目の校正値とする。

【0018】本発明の別の実施例による適応アレーアンテナ装置は、 $N(N \geq 2, N$ は整数)本のアンテナ素子と、 $N$ 個の送信機と、 $N$ 個の受信機と、アンテナ素子毎に接続され該アンテナ素子に対して送信機もしくは受信機への切り替えを行う第1のスイッチと、受信機毎に入力された信号に振幅と位相の重みづけを行った後合成を行うことでアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性制御演算回路と、該指向性制御演算回路で得られた振幅値と位相値を送信信号に乗算する重みづけ乗算回路と、各送信機から送られる信号を分岐する $N$ 個の分岐手段と、該分岐手段の中の $k-1(2 \leq k \leq N-1, k$ は整数)番目もしくは $k+1$ 番目の分岐手段のいずれかを $k$ 番目の受信機に接続する $N-2$ 個の第2のスイッチと、前記分岐手段の中の $k$ 番目の分岐手段から送られる信号を $k-1$ 番目もしくは $k+1$ 番目の受信機に接続する $N-2$ 個の第3のスイッチと、第1のスイッチでアンテナ素子から受信機側に送られる信号もしくは第2のスイッチまたは第3のスイッチから送られる信号を受信機に接続する第4のスイッチと、上記各手段から得られる振幅・位相値を用いて各ブランチ間の振幅位相校正値を求める処理を行う振幅・位

(6) 000-216618 (P2000-21JL8)

相校正値演算回路を具備する。

【0019】好ましくは、前記振幅・位相校正値演算回路は、 $i(1 \leq i \leq N-1, i \text{ は整数})$  番目の送信機から送られる信号を  $i$  番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第2のスイッチを介して  $i+1$  番目の第4のスイッチに接続し、該信号を  $i+1$  番目の第4のスイッチを介して  $i+1$  番目の受信機に送ること得られる値  $A(i)$  と、 $i+1$  番目の送信機から送られる信号を  $i+1$  番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記の第3のスイッチを介して  $i$  番目の第4のスイッチに接続し、該信号を前記  $i$  番目のスイッチを介して  $i$  番目の受信機に送ること得られる値  $B(i)$  に対し、「該値  $A(i)$  / 該値  $B(i)$ 」の演算を行い、該演算結果値を  $C(i)$  とし、 $i=1$  の場合は、該  $i+1$  番目の振幅・位相校正値を該値  $C(i)$  とし、 $i \neq 1$  の場合は、「該値  $C(i-1) \cdot C(i)$ 」の演算を行い、該演算結果値  $D(i)$  を  $i+1$  番目のアンテナ素子の振幅・位相校正値とする。

【0020】本発明の更に別の実施例による適応アレーアンテナ装置は、 $N(N \geq 2, N \text{ は整数})$  本のアンテナ素子と、 $N$  個の送信機と、 $N$  個の受信機と、アンテナ素子毎に接続される該アンテナ素子に対して送信機もしくは受信機への切り替えを行う第1のスイッチと、受信機毎に入力された信号に振幅と位相の重みづけを行った後合成を行うことでアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性制御演算回路と、該指向性制御演算回路で得られた振幅値と位相値を送信信号に乗算する重みづけ乗算回路と、各送信機から送られる信号を分岐する  $N$  個の分岐手段と、1番目の分岐手段から送られる信号を  $1 \sim N$  番目の受信機のいずれかに接続する第2のスイッチと、 $1 \sim N$  番目のいずれかの分岐手段から送られる信号を1番目の受信機に接続する第3のスイッチと、第1のスイッチでアンテナ素子から受信機側に送られる信号もしくは第2あるいは第3のスイッチのいずれかから送られる信号を当該受信機に接続する第4のスイッチと、上記各手段から得られる振幅・位相値を用いて各ブランチ間の振幅位相校正値を求める処理を行う振幅・位相校正値演算回路を具備する。

【0021】好ましくは、前記振幅・位相校正値演算回路は、1番目の送信機から送られる信号を1番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第2のスイッチを介して第4のスイッチの  $i(1 \leq i \leq N, i \text{ は整数})$  番目に接続し、該信号を前記第4のスイッチの中の  $i$  番目のスイッチを介して  $i$  番目の受信機に送ること得られる(値1)と、 $i$  番目の送信機から送られる信号を  $i$  番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記の第3のスイッチを介して第4のスイッチの1番目に接続し、該信号を前記第4スイッチの中の1番目のスイッチを介して前記受信機の中の1番目の受信機に送ること得られる(値2)に対して、「(値1) / (値2)」の演算処理を行い、該演算結果を該アンテナ素子の  $i$  番

目のアンテナ素子の校正値とする。

【0022】本発明の更に別の実施例による適応アレーアンテナ装置は、 $N(N \geq 2, N \text{ は整数})$  本のアンテナ素子と、 $N$  個の送信機と、 $N$  個の受信機と、アンテナ素子毎に接続されるアンテナ素子に対して送信機もしくは受信機への切り替えを行う第1のスイッチと、受信機毎に入力された信号に振幅と位相の重みづけを行った後合成を行うことでアレーアンテナの放射パターンを制御する指向性制御演算回路と、該指向性制御演算回路で得られた振幅値と位相値を送信信号に乗算する重みづけ乗算回路と、各送信機から送られる信号を分岐する  $N$  個の分岐手段と、1番目の分岐手段から送られる信号を  $1 \sim N$  番目の受信機のいずれかに接続する第2のスイッチと、1番目と  $k(2 \leq k \leq N, k \text{ は整数})$  番目のいずれかの分岐手段から送られる信号を  $k$  番目の受信機に接続する第3のスイッチと、第1のスイッチでアンテナ素子から受信機側に送られる信号もしくは第2あるいは第3のスイッチのいずれかから送られる信号を当該受信機に接続する第4のスイッチと、上記各手段から得られる振幅・位相値を用いて各ブランチ間の振幅位相校正値を求める処理を行う振幅・位相校正値演算回路を具備する。

【0023】好ましくは、前記振幅・位相校正値演算回路は、1番目の送信機から送られる信号を1番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記第2のスイッチを介して第4のスイッチの  $i(1 \leq i \leq N, i \text{ は整数})$  番目に接続し、該信号を前記第4のスイッチの中の  $i$  番目のスイッチを介して  $i$  番目の受信機に送ること得られる値  $A(i)$  と、 $k(2 \leq k \leq N, k \text{ は整数})$  番目の送信機から送られる信号を  $k$  番目の分岐手段を通して分岐し、該分岐された信号を前記の第3のスイッチを介して第4のスイッチの  $k$  番目に接続し、該信号を前記第4スイッチの中の  $k$  番目のスイッチを介して  $k$  番目の受信機に送ること得られる値  $B(k)$  と、「該値  $A(i)$  / 該値  $A(1)$ 」の演算を行い、該演算結果値  $C(i)$  と、「該値  $B(k=i)$  / 該値  $A(i)$ 」の演算を行い、該演算結果値  $D(i)$  に対して、「該値  $C(i)$  /  $D(i)$ 」の演算を行い、該演算結果値を該  $i$  番目のアンテナ素子の振幅・位相校正値とする。

【0024】従来の技術では、送信と受信のパターンを一致させるために、送信部と受信部を別々に校正していた。よって、受信機用と送信機用にそれぞれ校正装置を必要とした。しかし、一般にアダプティブアレーアンテナは受信時においては、ブランチ間に振幅・位相誤差が存在する場合も、その値を考慮した最適指向性を形成することで干渉低減が可能である。また、実際は送信を行う際に受信時で最適とされるパターンが結果的に送信できればよいので、TDDシステムのような送信と受信が異なった時間で実現されるシステムにおいては、送信中に送信部と受信部の両方の校正が求めればよい。

【0025】本発明では、送信信号を受信信号に帰還させるループを複数設け、それらの帰還が自己ブランチの



!(7) 000-216618 (P2000-21JL8

みではなく、他ブランチの受信部に帰還されることを特徴としている。すなわち、従来技術のように、自己ブランチに対して、送信部からの信号を受信部に帰還させるのではなく、ブランチ間で送信信号を帰還させることで、通信中に送信部と受信部の校正値を求めることができることを特徴としている。

【0026】図2と図3の実施例は、1個のブランチを基準として、その他のブランチと基準ブランチ間で送信信号の帰還と受信機側への回り込みを実現することで、通信中に送信機と受信機の校正値を得る、及び、振幅・位相校正値演算回路の校正を計算するための手段を示す。

【0027】図4と図5の実施例は、基準ブランチとその他のブランチとの間の送信信号の受信機への帰還に用いるスイッチ分岐数を削減するための構成となっていることを特徴とする。具体的には、2個のブランチ間で必要な校正値を求め、それらの値を順次求めることで、必要な校正値を得ることを特徴としている。さらに、振幅・位相校正値演算回路の校正を計算するための手段を示す。

【0028】図6と図7と図8に示す実施例は、送信部と受信部の校正値が通信中に同時に得られるだけでなく、送信部と受信部の校正値が別々にも得ることができることを特徴としている。さらに、振幅・位相校正値演算回路の校正を計算するための手段を示す。

【0029】図9と図10の実施例は、送信部と受信部の校正値が通信中に同時に得られるだけでなく、送信部と受信部の校正値が別々にも得ることができることを特徴としている。さらに、本発明は基準となるブランチ以外の送信信号の帰還は、自己ブランチに対する受信機への帰還のみであるため、校正回路の配線などの引き回しが比較的容易になることを特徴としている。さらに、振幅・位相校正値演算回路の校正を計算するための手段を示す。

【0030】

【発明の実施の形態】TDD通信方式では、図14に示すごとく、送信のタイムスロットTと受信のタイムスロットRとが交互に配置される。ひとつのタイムスロットの時間長は非常に短い。従って、送信のタイムスロットTの間は、受信機は休止期間である。本発明はこの休止期間に、送信信号の一部を受信機に帰還してアレーアンテナの校正を行う。校正は、例えば、各送信タイムスロットにおいて、ひとつのアンテナ素子に対する校正を行うようにする。例えばあるタイムスロットで*i*=2のアンテナ素子に対する校正を行ったときは、次のタイムスロットでは*i*=3のアンテナ素子に対する校正を行い、この動作を繰り返して全てのアンテナ素子に対する校正を行う。アンテナ素子に対する校正が終了すると、そのアンテナ素子の振幅及び位相は校正された値に固定される。校正の動作は所定時間毎（例えば1時間毎）に行われる。

【0031】図1は本発明の概略を示す図である。図1に

おいて、1-1はアンテナを、1-2は送信・受信分離回路を、1-3は送信機を、1-4は受信機を、1-5は分岐手段を、1-6は振幅位相校正値演算回路を、1-7は指向性制御演算回路を表す。

【0032】本発明における原理を以下に示す。以下の振幅・位相値の表現を簡易化するために、各パラメータを複素数で表現するものとする。例えば、*A*を振幅、 $\theta$ を位相とすると、これらをまとめて*B*というパラメータ、すなわち  $B = A \exp(j\theta)$  で表現するものとする。

【0033】*i*番目のブランチに対する入力信号を  $X_i$  とし、受信時において、各ブランチ間の振幅・位相差が存在しない場合の最適ウエイトを  $w_{opt}$  とし、受信信号に受信機による振幅位相変動が加えられた後の信号に対して求めたウエイトを  $w_i$  とすると、受信における *i* 番目のブランチの出力  $y_{ri}$  は以下の式で表わされる。

【0034】

$$\begin{aligned} y_{ri} &= w_{opt} X_i \\ &= w_i M_i R_i X_i \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $M_i$  はそれぞれアンテナおよびケーブルで生じる振幅および位相を表わし、 $R_i$  はそれぞれ受信機で生じる振幅および位相を表わす。一方、*i* 番目のブランチにおける送信機からの出力信号を  $s_i$  とすると、アダプティブアレーアンテナで指向性制御を行った後に *i* 番目のブランチに対して実際に空間に出力される信号  $y_{ti}$  は以下の式で表わされる。

$$y_{ti} = w_i s_i M_i T_i \quad (2)$$

ここで、 $T_i$  はそれぞれ送信機で生じる振幅および位相を表わす。送受信のパターンを一致させるためには  $y_{ti} = y_{ri}$  を満たす必要があり式(1)と式(2)より  $w_i$  を消去すると、

$$\begin{aligned} y_{ti} &= (w_{opt} / M_i R_i) s_i M_i T_i \\ &= w_{opt} s_i (T_i / R_i) \end{aligned} \quad (3)$$

となる。式(3)より、アンテナ及びケーブルで生じる振幅・位相は受信と送信との間でキャンセルされ、*i* 番目のブランチで生じる振幅・位相を  $K_i$  とすると

$$K_i = R_i / T_i \quad (4)$$

となる。この値を各ブランチ毎に求め、あるブランチを基準にした値の相対的な差を求めれば、各ブランチ間の振幅・位相の校正が可能となる。例えば、1番目のブランチを基準とした場合、*i* 番目のブランチにおける校正値を  $H_i$  とすると校正値は以下の式で与えることができる。

【0036】

$$\begin{aligned} H_i &= K_i / K_1 \\ &= (R_i / T_i) / (R_1 / T_1) \\ &= T_1 R_i / (T_i R_1) \end{aligned} \quad (5)$$

校正された出力  $y'_{ti}$  は式(3)と式(5)を用いて以下の式で与えられる。

【0037】

$$y'_{ti} = w_{opt} s_i T_i / R_i H_i$$

:(8) 000-216618 (P2000-21JL8)

$$=W_{opt} S_i (1/K_i) \quad (6)$$

式(6)において $K_i$ は一定値であるため、式(6)を用いれば受信時における各ブランチ間の振幅・位相差が存在しない場合の最適ウエイトで送信を行うことが可能になる。したがって、式(5)を求めることができれば送信時のみで各ブランチ間の校正が可能となる。

【0038】ここで、図1では、式(5)を得るために、従来の校正回路のように、自己ブランチにおける送信機からの受信機への帰還のみではなく、他のブランチへの送信信号の帰還を設けている。例えば、 $k$ ブランチにおいて、自己ブランチにおける送信機から受信機への帰還で得られる値は、 $T_k R_k$ となり、必要な校正値はこの式のみでは直接求められない。そこで、1番目のブランチと $k$ 番目のブランチにおいて、1番目の送信機から $k$ 番目の受信機に信号を送るループと、 $k$ 番目の送信機から1番目の受信機に信号を送るループを設けることで、それぞれ $T_1 R_k$ 、 $T_k R_1$ が得られる。これらの値を割算すれば、式(5)が得られ、1番目のブランチに対する $k$ 番目の送受信機の振幅・位相校正値が得られる。すなわち、本発明により送信中に、送信信号を他ブランチの受信機に帰還させるループを組み合わせることにより、必要とされる校正値を求めることが可能となる。

【0039】図2は請求項2の概略を示すブロック図である。図3は図2の回路を用いて校正を行うための手順を示すためのフローチャートである。図2において、 $2-K-i$  ( $1 \leq i \leq N$ ,  $i$ :整数)は $k$ 番目のブランチに接続される名称を表すものとし、図2ではブランチの数は $N$ である。また、図2に示されている矢印は信号の方向を表すものである。2-1はアンテナ素子を、2-2はアンテナ素子を送信機又は受信機に接続するための第1のスイッチを、2-3は送信機を、2-4は受信機を、2-5は送信機の出力をアンテナ素子に接続すると共に一部を分岐する分岐手段を、2-6は第1の分岐手段2-5-1からの信号を2-4-2〜2-4-Nまでのいずれかの受信機と接続する第2のスイッチを、2-7は第2〜第 $N$ の分岐手段2-5-2〜2-5-Nまでのいずれかからの信号を第1の受信機2-4-1と接続する第3のスイッチを、2-8は第2のスイッチ2-6もしくは第3のスイッチ2-7を受信機2-4の入力に接続する第4のスイッチを、2-9は振幅位相校正値演算回路を、2-10は指向性制御演算回路を表す。2-11は重みづけ乗算回路を表す。

【0040】以下に、図3のフローチャートに従って式(5)を各ブランチ毎で求める方法を示す。

【0041】(1) 1番目のブランチの送信回路(2-3-1)から $i$ 番目のブランチの受信回路(2-4- $i$ )に信号を送る(S-21)。この信号を送る際に分岐手段(2-5-1)と第2のスイッチ(2-6)と第4のスイッチ(2-8)を通過する。この処理により、先ほど示したパラメータを用いると振幅・位相校正値演算回路で得られる値は以下の値となる。

$$[0042] T_1 R_i \quad (7)$$

ここで、2-3-1から2-8に信号を送るために分岐手段を用いているのは、送信を行う際には送信でのパワーを確保するために電力増幅機をアンテナの手前で用いており、この信号をそのまま受信すると受信回路の受信レベルの許容値の範囲を超えてしまうためであり、2-3-1から2-8におくる信号は実際の通信での送信信号に対してレベルを低くするように設定する。分岐手段の具体的な構成としては例えばカップラーを用いればよい。また、第2のスイッチを用いるのは、ブランチ1の送信信号をブランチ1以外のいずれかの受信回路に送るためである。さらに第4のスイッチを用いるのは、通信中の受信の状態では $i$ 番目のアンテナ素子で受信される信号のみが必要であり、校正値を求めるためには第1の送信回路(2-3-1)から送られる信号のみを受信することが必要となるためである。

【0043】(2) (1)の処理と平行して、 $i$ 番目のブランチの送信回路(2-3- $i$ )から1番目のブランチの受信回路(2-4-1)に信号を送る(S-22)。この信号を送る際に分岐手段(2-5- $i$ )と第3のスイッチ(2-7)と第4のスイッチ(2-8-1)を通過する。この処理により、先ほど示したパラメータを用いると振幅・位相校正値演算回路で得られる値は以下の値となる。

$$[0044] T_i R_1 \quad (8)$$

2-3- $i$ から2-8に信号を送るために分岐手段を用いているのは、(1)の理由と同じである。また第4のスイッチを用いるのは、ブランチ $i$ の送信信号のいずれかをブランチ1の受信回路に送るためである。さらに第4のスイッチ2-7を用いるのは、通信中の受信では第1のアンテナで受信される信号のみが必要であり、校正値を求めるためには送信回路(2-3- $i$ )から送られる信号のみを受信することが必要となるためである。

【0045】(3) 式(7)/式(8)を求めれば、式(5)が求められ、ブランチ $i$ のブランチ1に対する校正値が求められる(S-23)。

【0046】(4)  $i \rightarrow i+1$ とし $i=N$ となるまで(1)〜(3)を繰り返す(S-24)。

【0047】最後に、上記より得られた校正値と受信で得られた振幅位相値を重みづけ乗算回路2-11で各ブランチ毎に乗算し、この値を用いて送信を行えば、アレーアンテナの各ブランチ間の振幅・位相値の補正を行うことができるため、装置内でブランチ間の振幅・位相がない場合と等価な状態で送信していることになる。すなわち、本発明による装置を用いれば、アレーアンテナの各ブランチ間の振幅・位相値の補正を行うことができる。本発明による校正回路では、送信に用いる信号を用いて校正値を求めるため、通信中にリアルタイムで校正が可能であり、従来の校正回路では実現が困難であった高周波回路における温度特性などの補償も可能となる。

【0048】

(9) 000-216618 (P2000-21JL8)

【本発明の別の実施例】図4は本発明の別の実施例の概略を示すブロック図である。図5は図4の回路を用いて校正を行うための手順を示すためのフローチャートである。図4において、 $4-K-i$ の $i$  ( $1 \leq i \leq N, i$ : 整数) は $i$ 番目のブランチに接続される名称を表わすものとする。また、図4に示されている矢印は信号の方向を表わすものである。4-1はアンテナ素子を、4-2はアンテナ素子に対して送信と受信を切り替える第1のスイッチを、4-3は送信機を、4-4は受信機を、4-5は分岐手段を、4-7- $k$  ( $2 \leq k \leq N-1, k$ は整数) は4-5- $k$ からの信号を4-4- $k-1$ もしくは4-4- $k+1$ のいずれかと接続する第3のスイッチを、4-6- $k$  ( $2 \leq k \leq N-1, k$ は整数) は4-5- $k-1$ からの信号と4-5- $k+1$ からの信号のいずれかを4-4- $k$ と接続する第2のスイッチを、4-8は4-6もしくは4-7と4-4を接続する第4のスイッチを、4-9は振幅位相校正値演算回路を、4-10は指向性制御演算回路を表わす。4-11は重みづけ乗算回路を表わす。

【0049】以下に、図5のフローチャートに従って式(5)を各ブランチ毎で求める方法を示す。

【0050】(1)  $i=1$ とした場合について述べる。この場合は、1番目のブランチと2番目のブランチの間の校正値を求める。1番目のブランチの送信回路(4-3-1)から2番目のブランチの受信回路(4-4-2)に信号を送る。この信号を送る際に分岐手段(4-5-1)と第2のスイッチ(4-6-2)と第4のスイッチを通過する。この処理により、先ほど示したパラメータを用いると振幅・位相校正値演算回路で得られる値は以下の値となる。

$$【0051】T_1 R_2 \quad (9)$$

ここで、4-3-1から4-4-2に信号を送るために分岐手段を用いているのは、送信を行う際には送信でのパワーを確保するために電力増幅機をアンテナの手前で用いており、この信号をそのまま受信すると受信回路の受信レベルの許容値の範囲を超えてしまうためであり、4-3-1から4-4-2におくる信号は実際の通信での送信信号に対してレベルを低くするように設定する。分岐手段の具体的な構成としては例えばカップラーを用いればよい。また、第2のスイッチを用いるのは、受信機2に対して、ブランチ1の送信信号の他にブランチ3の送信信号を送るからであり、この理由は後述する。さらに第4のスイッチを用いるのは、通信中の受信の状態ではアンテナで受信される信号のみが必要であり、校正値を求めるためには送信機1(4-3-1)から送られる信号のみを受信することが必要となるためである。

【0052】(2) 2番目のブランチの送信回路(4-3-2)から1番目のブランチの受信回路(4-4-1)に信号を送る。この信号を送る際に分岐手段(4-5-2)と第3のスイッチ(4-7-2)と第4のスイッチ(4-8-1)を通過する。この処理により、先ほど示したパラメータを用いると振幅・位相校正値演算回路で得られる値は以下の値となる。

$$【0053】T_2 R_1 \quad (10)$$

4-3-2から4-4-1に信号を送るために分岐手段を用いているのは、(1)の理由と同じである。また第3のスイッチを用いるのは、ブランチ2からの送信信号をブランチ1の受信機の他にブランチ3の受信機に送る必要があるからであり、この理由も後述する。さらに第4のスイッチを用いるのは、通信中の受信ではアンテナで受信される信号のみが必要であり、校正値を求めるためには送信機(4-3-2)から送られる信号のみを受信することが必要となるためである。

【0054】(3) 式(9)/式(10)を求めれば、 $i=1$ とした場合の式(5)が求められ、ブランチ2のブランチ1に対する校正値が求められる。

【0055】(4) 次に $i \rightarrow i+1$ とする。さきほどと同様に(1)と(2)をくり返すと、(1)と(2)のループでそれぞれ以下の値が得られる。

$$【0056】$$

$$T_2 R_3 \quad (11)$$

$$T_3 R_2 \quad (12)$$

ここで式(11)/(12)より、2番目のブランチに対する3番目のブランチの校正値を求めることができる。

【0057】(5) 実際に校正値を用いて送信を行うためには、ある1個のブランチを基準とした各ブランチの校正値を求める必要がある。ここで1番目のブランチを基準ブランチと考える。 $H_{2,1}$  = 「式(9)/式(10)」と $H_{3,2}$  = 「式(11)/式(12)」とすると、これらの結果を用いて1番目のブランチを基準とした、3番目のブランチに対する校正値 $H_{3,1}$ を以下の式で与えることができる。

$$【0058】$$

$$\begin{aligned} H_{3,1} &= H_{2,1} \cdot H_{3,2} \\ &= \{T_1 R_2 / (T_2 R_1)\} \cdot \{T_2 R_3 / (T_3 R_2)\} \\ &= T_1 R_3 / (T_3 R_1) \\ &= (R_3 / T_3) / (R_1 / T_1) \end{aligned} \quad (13)$$

【0059】(6) 以上より、 $i$ ブランチの校正値は、 $i-1$ ブランチに対する $i$ 番目の校正値 $H_{i,i-1}$ と、1ブランチに対する $i-1$ 番目の校正値 $H_{i-1,1}$ により求めることができる。

$$【0060】$$

$$\begin{aligned} H_{i,1} &= H_{i-1,1} \cdot H_{i,i-1} \\ &= \{T_1 R_{i-1} / (T_{i-1} R_1)\} \cdot \{T_{i-1} R_i / (T_i R_{i-1})\} \\ &= T_1 R_i / (T_i R_1) \\ &= (R_i / T_i) / (R_1 / T_1) \end{aligned} \quad (14)$$

【0061】最後に、上記の仮定より得られた校正値と受信で得られた振幅位相値を重みづけ乗算回路で各ブランチ毎に乗算し、この値を用いて送信を行えば、アレーアンテナの各ブランチ間の振幅・位相値の補正を行うことができるため、装置内でブランチ間の振幅・位相差がない場合と等価な状態で送信していることになる。本発明による装置を用いれば、アレーアンテナの各ブランチ

(丸0) 00-216618 (P2000-21JL8)

間の振幅・位相値の補正を行うことができるため、先ほどの実施例と同様に、本発明による校正回路では、送信中に用いる信号を用いて校正値を求めるため、通信中にリアルタイムで校正が可能であり、従来の校正回路では実現が困難であった高周波回路における温度特性などの補償も可能となる。さらに、図4の構成をとることで、図2の構成に対して、校正用のスイッチの数は増加するものの、スイッチの分岐数を $N-1$ から2に削減することができる。実際には分岐数2のスイッチは、汎用のスイッチで実現できるため、アンテナ素子数が増加した場合にも、図4の構成は容易にハードウェアを実現できる。

【0062】図6は本発明の更に別の実施例の概略を示すブロック図である。図7と図8は図6の回路を用いて校正を行うための手順を示すためのフローチャートである。図6において、 $6-K-i$ の $i$  ( $1 \leq i \leq N$ ,  $i$ :整数)は $i$ 番目のブランチに接続される名称を表わすものとする。また、図6に示されている矢印は信号の方向を表わすものである。 $6-1$ はアンテナを、 $6-2$ はアンテナに対して送信と受信を切り替える第1のスイッチを、 $6-3$ は送信機を、 $6-4$ は受信機を、 $6-5$ は分岐手段を、 $6-6$ は $6-5-1$ からの信号を $6-4-1 \sim 6-4-N$ までのいずれかと接続する第2のスイッチを、 $6-7$ は $6-5-1 \sim 6-5-N$ までのいずれかからの信号を $6-4-1$ と接続する第3のスイッチを、 $6-8$ は $6-6$ もしくは $6-7$ と $6-4$ を接続する第4のスイッチを、 $6-9$ は振幅位相校正値演算回路を、 $6-10$ は指向性制御演算回路を表わす。 $6-11$ は重みづけ乗算回路を表わす。

【0063】以下に、図7のフローチャートに従って式(5)を各ブランチ毎に求める動作を示す。

【0064】(1) 1番目のブランチの送信回路( $6-3-1$ )から $i$ 番目のブランチの受信回路( $6-4-i$ )に信号を送る。この信号を送る際に分岐手段( $6-5-1$ )と第2のスイッチ( $6-6$ )と第4のスイッチを通過する。この処理により、先ほど示したパラメータを用いると振幅・位相校正値演算回路で得られる値は以下の値となる。

$$【0065】T_i R_i \quad (15)$$

ここで、 $6-3-1$ から $6-4$ に信号を送るために分岐手段を用いているのは、送信を行う際には送信でのパワーを確保するために電力増幅機をアンテナの手前で用いており、この信号をそのまま受信すると受信回路の受信レベルの許容値の範囲を超えてしまうためであり、 $6-3-1$ から $6-7$ におくる信号は実際の通信での送信信号に対してレベルを低くするように設定する。分岐手段の具体的な構成としては例えばカップラーを用いればよい。また、第2のスイッチを用いるのは、ブランチ1の送信信号をブランチ1～ $N$ までの受信回路に送るためである。さらに第4のスイッチを用いるのは、通信中の受信の状態ではアンテナ $i$ で受信される信号のみが必要であり、校正値を求めるためには送信回路1( $6-3-1$ )から送られる信号のみを受信することが必要となるためである。

【0066】(2)  $i$ 番目のブランチの送信回路( $6-3-i$ )から1番目のブランチの受信回路( $6-4-1$ )に信号を送る。この信号を送る際に分岐手段( $6-5-i$ )と第3のスイッチ( $6-7$ )と第4のスイッチ( $6-8-1$ )を通過する。この処理により、先ほど示したパラメータを用いると振幅・位相校正値演算回路で得られる値は以下の値となる。

$$【0067】T_i R_1 \quad (16)$$

$6-3-i$  ( $i=2 \sim N$ )から $6-7$ に信号を送るために分岐手段を用いているのは、(1)の理由と同じである。また第3のスイッチを用いるのは、ブランチ $i$ の送信信号のいずれかをブランチ1の受信回路に送るためである。さらに第4のスイッチを用いるのは、通信中の受信ではアンテナ1で受信される信号のみが必要であり、校正値を求めるためには送信回路( $6-3-i$ )から送られる信号のみを受信することが必要となるためである。

【0068】(3) 式(15)/式(16)を求めれば、式(5)が求められ、ブランチ $i$ のブランチ1に対する校正値が求められる。

【0069】(4)  $i \rightarrow i+1$ とし $i=N$ となるまで(1)～(3)を繰り返す。

【0070】最後に、得られた校正値と受信で得られた振幅位相値を重みづけ乗算回路で各ブランチ毎に乗算し、この値を用いて送信を行えば、アレーアンテナの各ブランチ間の振幅・位相値の補正を行うことができるため、装置内でブランチ間の振幅・位相差がない場合と等価な状態で送信していることになる。この実施例においても同様に、アレーアンテナの各ブランチ間の振幅・位相値の補正を行うことができる。本発明による校正回路では、送信中に用いる信号を用いて校正値を求めるため、通信中にリアルタイムで校正が可能であり、従来の校正回路では実現が困難であった高周波回路における温度特性などの補償も可能となる。

【0071】一方、到来方向推定などのアルゴリズムを用いてアダプティブアレーを動作させる場合には受信部と送信部を合わせたブランチの校正値ばかりでなく受信部、送信部のみの校正値が必要になる。図8には受信部、送信部の校正値をそれぞれ個別に求めるためのフローチャートを示す。(1)のループにおいて、式(15)を1番目～ $N$ 番目のブランチに対してそれぞれ求めることで、以下の式で与えられる受信部のみの校正値を求めることも可能である。

$$【0072】R_i / R_1 \quad (17)$$

同様に、(2)のループにおいて、式(16)を1番目～ $N$ 番目のブランチに対してそれぞれ求めることで、以下の式で与えられる送信部のみの校正値を求めることも可能である。

$$【0073】T_i / T_1 \quad (18)$$

【0074】図9は請求項8の概略を示すブロック図である。図10は図9の回路を用いて校正を行うための手順

( 1 ) 00-216618 ( P 2000-21JL8

を示すためのフローチャートである。図9において、9-k-iのi(1≤i≤N,i:整数)はN番目のブランチに接続される名称を表わすものとする。また、図9に示されている矢印は信号の方向を表わすものである。9-1はアンテナ素子を、9-2はアンテナ素子に対して送信と受信を切り替える第1のスイッチを、9-3は送信機を、9-4は受信機を、9-6は9-5-1からの信号を9-4-1から9-4-Nまでのいずれかと接続する第2のスイッチを、9-7は9-5-m(2≤m≤N)からの信号を9-4-mと接続する第3のスイッチを、9-8は9-6もしくは9-7と9-4を接続する第4のスイッチを、9-9は振幅位相校正演算回路を、9-10は指向性制御演算回路を表わす。9-11は重みづけ乗算回路を表わす。

【0075】以下に、図10のフローチャートに従って式(5)を各ブランチ毎で求める方法を示す。

【0076】(1) 1番目のブランチの送信回路(9-3-1)からi(1≤i≤N)番目のブランチの受信回路(9-4-i)に信号を送る。この信号を送る際に分岐手段(9-5-1)と第2のスイッチ(9-6)と第4のスイッチを通過する。この処理により、先ほど示したパラメータを用いると振幅・位相校正演算回路で得られる値は以下の値となる。

$$【0077】T_1 R_i \quad (19)$$

ここで、9-3-1から9-6に信号を送るために分岐手段を用いているのは、送信を行う際には送信でのパワーを確保するために電力増幅機をアンテナの手前で用いており、この信号をそのまま受信すると受信回路の受信レベルの許容値の範囲を超えてしまうためであり、9-3-1から9-6におくる信号は実際の通信での送信信号に対してレベルを低くするように設定する。分岐手段の具体的な構成としては例えばカップラーを用いればよい。また、第2のスイッチを用いるのは、ブランチ1の送信信号をブランチ1～Nまでの受信回路に送るためである。さらに第4のスイッチを用いるのは、通信中の受信の状態ではアンテナiで受信される信号のみが必要であり、校正値を求めるためには送信回路1(9-3-1)から送られる信号のみを受信することが必要となるためである。

【0078】(2) k(1≤k≤N)番目のブランチの送信回路(9-3-k)からk番目のブランチの受信回路(9-4-k)に信号を送る。この信号を送る際に分岐手段(9-5-k)と第2のスイッチ(9-7-k)とを通過する。この処理により、先ほど示したパラメータを用いると振幅・位相校正演算回路で得られる値は以下の値となる。

$$【0079】T_k R_k \quad (20)$$

9-3-kから9-7-kに信号を送るために分岐手段を用いているのは、(1)の理由と同じである。また第3のスイッチを用いるのは、ブランチkの送信信号をブランチkの受信回路に送るためである。さらに第4のスイッチを用いるのは、通信中の受信ではアンテナ1で受信される信号のみが必要であり、校正値を求めるためには送信回路

(9-3-k)から送られる信号のみを受信することが必要となるためである。

【0080】(3) i→i+1、k→k+1としi=N、k=Nとなるまで(1)、(2)を繰り返す。

【0081】(4) 式(20)においてk=1として、式(19)/式(20)を求めると以下の式が得られる。

$$【0082】T_1 R_i / (T_1 R_1) = R_i / R_1 \quad (21)$$

式(21)は1番目のブランチに対するi番目のブランチの受信部の校正値に相当する。

【0083】(5) 式(19)と式(20)において、k=i(ただし、k=i≠1の場合)の場合に式(20)/式(19)を求めると以下の式が得られる。

$$【0084】T_i R_i / (T_1 R_1) = T_i / T_1 \quad (22)$$

式(22)は1番目のブランチに対するi番目のブランチの送信部の校正値に相当する。

【0085】(6) 式(21)/式(22)を求めることで以下の式が得られる。

$$【0086】 \quad (R_i / R_1) / (T_i / T_1) = T_1 R_i / (T_i R_1) = H_i \quad (23)$$

すなわち、式(5)が求められ、ブランチiのブランチ1に対する校正値を求めることができる。

【0087】最後に、上記の仮定より得られた校正値と受信で得られた振幅位相値を重みづけ乗算回路で各ブランチ毎に乗算し、この値を用いて送信を行えば、アレーアンテナの各ブランチ間の振幅・位相値の補正を行うことができるため、装置内でブランチ間の振幅・位相差がない場合と等価な状態で送信していることになる。したがって、本実施例の場合も、アレーアンテナの各ブランチ間の振幅・位相値の補正を行うことができる。本発明による校正回路では、送信中に用いる信号を用いて校正値を求めるため、通信中にリアルタイムで校正が可能であり、従来の校正回路では実現が困難であった高周波回路における温度特性などの補償も可能となる。

【0088】また、式(21)、(22)の結果からも分かるように、図9の構成も図6の構成と同様に、送信部と受信部の個別の校正値を求めることが可能である。さらに、基準ブランチ以外のブランチは、送信信号を自己ブランチの受信機のみへ帰還させる構成をとっているため、配線の引き回しが他の構成にくらべ少なく、校正回路を作成するうえで比較的容易になる利点がある。

【0089】

【発明の効果】以上述べたように、本発明を用いると、装置内で校正を行っているため、外部の情報を用いる場合に生じる通信の伝送効率の低下を防ぐことができる利点がある。また、通信中に校正値を求めることができるため、基地局の設置場所の違いによる環境の変化や通信中の温度特性の変化により生じる各ブランチ間の振幅・位相誤差を補償することが可能となる利点がある。

【図面の簡単な説明】

( 2 ) 00-216618 ( P 2000-21 JL8

【図1】本発明の構成図の例である。

【図2】本発明の実施例のブロック図である。

【図3】図2に従って校正値を求めるためのフローチャートを表わす。

【図4】本発明の別の実施例のブロック図である。

【図5】図4に従って校正値を求めるためのフローチャートを表わす。

【図6】本発明の更に別の実施例のブロック図である。

【図7】図6に従って校正値を求めるためのフローチャートを表わす。

【図8】図6に従って校正値を求めるための別のフローチャートを表わす。

【図9】本発明の更に別の実施例のブロック図である。

【図10】図9に従って校正値を求めるためのフローチャートを表わす。

【図11】アレーアンテナに対して理想的な振幅・位相の状態から各ブランチ間で振幅・位相の誤差を与えたときのヌル深度の例を表わしたものである。

【図12】従来の校正回路を表わす図である。

【図13】従来のアダプティブアレーアンテナをTDDシステムに適用した場合の構成を表わす図である。

【図14】本発明をTDD通信方式に適用した場合の動作タイムチャートである。

【符号の説明】

1-1 アンテナ

1-2 送信・受信分離回路

1-3 送信機

1-4 受信機

1-5 分岐手段

1-6 振幅位相校正値演算回路

1-7 指向性制御演算回路

2-1 アンテナ

2-2 アンテナに対して送信と受信を切り替える第1のスイッチ

2-3 送信機

2-4 受信機

2-5 分岐手段

2-6 2-5-1からの信号を2-4-2~2-4-Nまでのいずれかと接続する第2のスイッチ

2-7 2-5-2~2-5-Nまでのいずれかからの信号を2-4-1と接続する第3のスイッチ

2-8 2-6もしくは2-7と2-4を接続する第4のスイッチ

2-9 振幅位相校正値演算回路

2-10 指向性制御演算回路

2-11 重みづけ乗算回路

4-1 アンテナ

4-2 アンテナに対して送信と受信を切り替える第1のスイッチ

4-3 送信機

4-4 受信機

4-5 分岐手段

4-6-k ( $2 \leq k \leq N-1$ ,  $k$ は整数) 4-4-kへの信号に対して、4-3-( $k-1$ )からの信号もしくは4-3-( $k+1$ )からの信号のいずれかの信号を選択する第2のスイッチ

4-7-k ( $2 \leq k \leq N-1$ ,  $k$ は整数) 4-3-kからの信号を4-4-( $k-1$ )へ、あるいは4-4-( $k+1$ )へのいずれかへ接続する第3のスイッチ

4-8 4-2もしくは4-7と4-4を接続する第4のスイッチ

4-9 振幅位相校正値演算回路

4-10 指向性制御演算回路

4-11 重みづけ乗算回路

6-1 アンテナ

6-2 アンテナに対して送信と受信を切り替える第1のスイッチ

6-3 送信機

6-4 受信機

6-5 分岐手段

6-6 6-5-1からの信号を6-4-1~6-4-Nまでのいずれかと接続する第2のスイッチ

6-7 6-5-1~6-5-Nまでのいずれかからの信号を6-4-1と接続する第3のスイッチ

6-8 6-2もしくは6-7と6-4を接続する第4のスイッチ

6-9 振幅位相校正値演算回路

6-10 指向性制御演算回路

6-11 重みづけ乗算回路

9-1 アンテナ

9-2 アンテナに対して送信と受信を切り替える第1のスイッチ

9-3 送信機

9-4 受信機

9-5 分岐手段

9-6 9-5-1からの信号を9-4-1~9-4-Nまでのいずれかと接続する第2のスイッチ

9-7 9-5-k ( $2 \leq k \leq N$ ) からの信号を9-4-kと接続する第3のスイッチ

9-8 9-6もしくは9-2と9-4を接続する第4のスイッチ

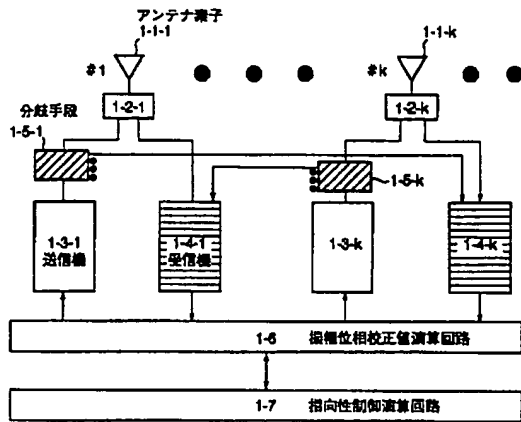
9-9 振幅位相校正値演算回路

9-10 指向性制御演算回路

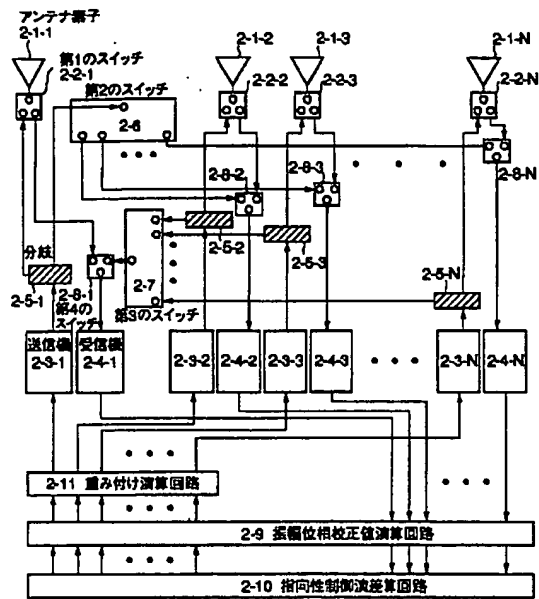
9-11 重みづけ乗算回路

(特 3) 100-216618 (P2000-21JL8)

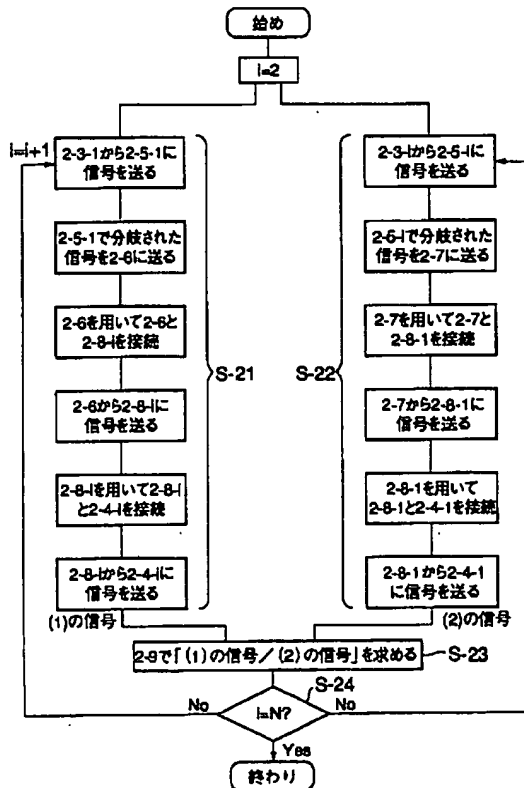
【図1】



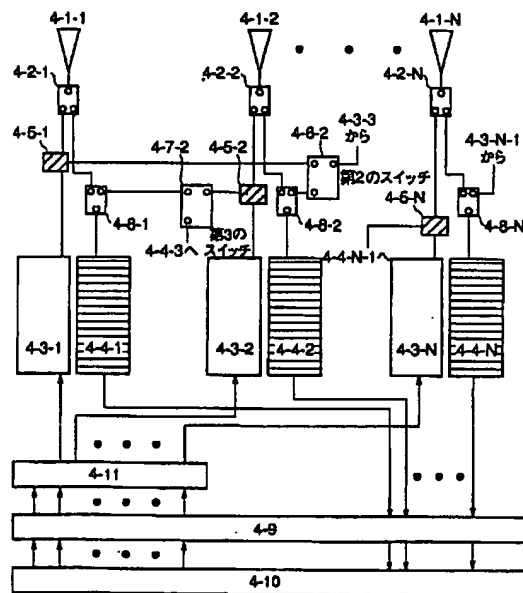
【図2】



【図3】

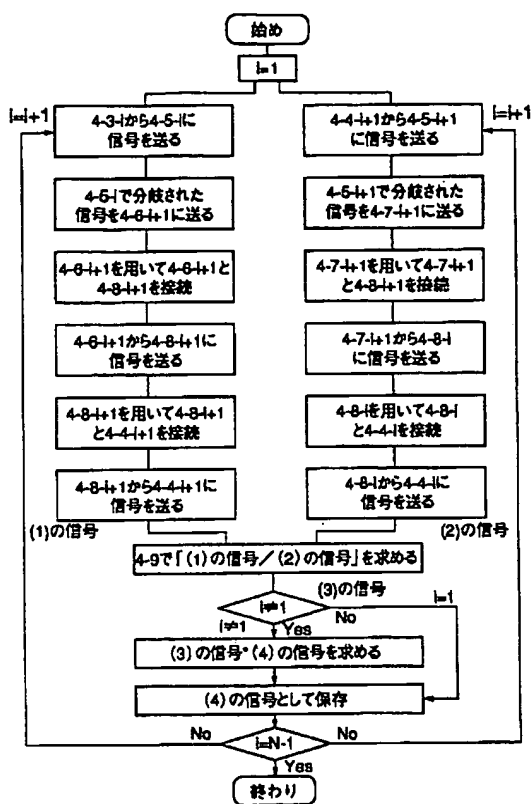


【図4】

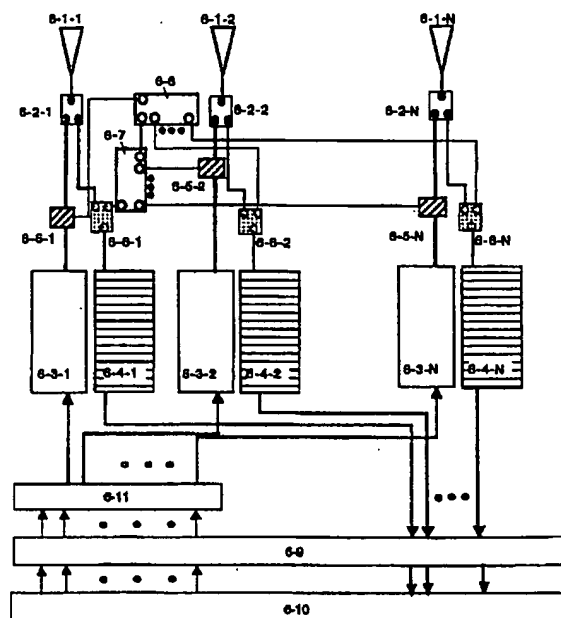


(表4) 100-216618 (P2000-21JL8)

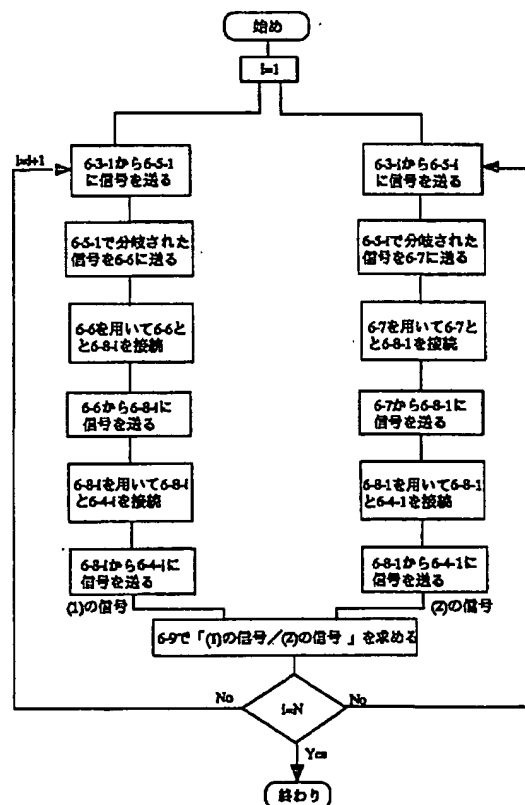
【図5】



【図6】

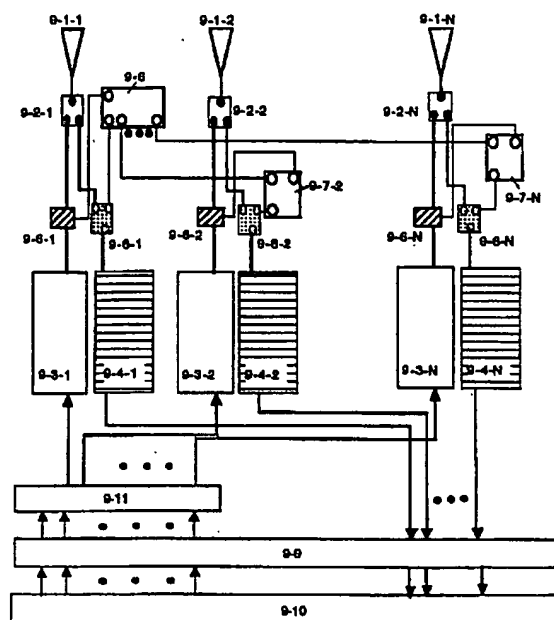
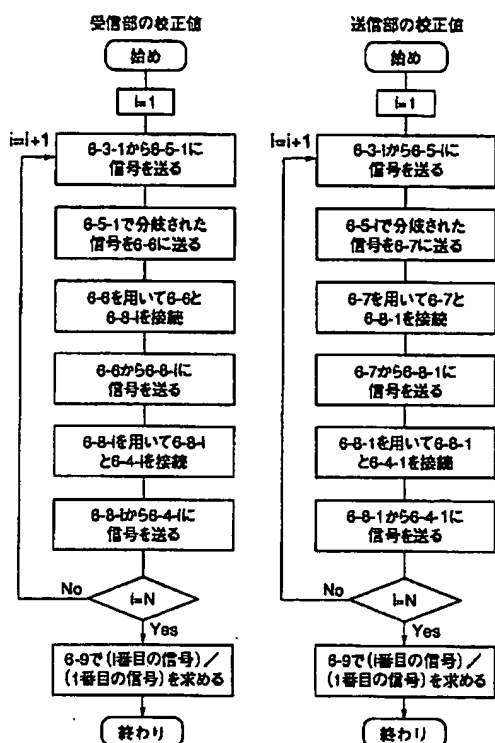


【図7】

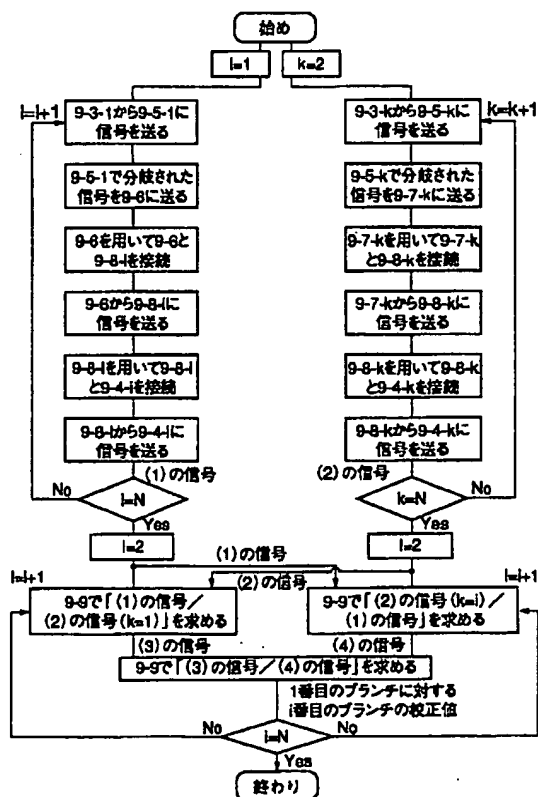




【图9】



【図10】



(72)発明者 堀 俊和  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内